
原 著 (第5回徳島医学会賞受賞論文)

心エコー・ドップラー法による僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄の重症度評価

白石 達彦, 井内 新, 仁木 美也子, 岡崎 三千代, 村田 昌彦,
井上 博, 藤原 宗一郎, 堀江 貴浩, 山本 浩史

徳島県立三好病院内科・研究検査科 (指導者: 井内 新)

(平成12年10月30日受付)

近年, 高齢化や透析患者の増加に伴い, 僧帽弁輪石灰化 (mitral annular calcification; MAC) の頻度が増加し, 僧帽弁輪狭窄を合併する場合もみられる。その狭窄の程度を評価することは臨床的に重要であるが, 通常の断層心エコー法では正確な判定が困難な場合がほとんどであり, 一般的には連続波ドップラー法による pressure half time (PHT) 法で推定している場合が多い。

本研究では, 僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄例とリウマチ性僧帽弁狭窄例を対象として, 心エコー法から trace 法, PHT 法, 連続の式を用いて弁口 (輪) 面積の計測を行い, 心臓カテテル検査から得られた Gorlin の式より求めた弁口 (輪) 面積と対比検討した。また, 組織ドップラー法 (tissue Doppler imaging; TDI) にて左室後壁における拡張早期の最大壁運動速度を求め, 左室伸展性の差異が弁口 (輪) 面積の計測に与える影響についても検討を加えた。その結果, リウマチ性僧帽弁狭窄例では拡張早期における左室の伸展性は良好であるが, 僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄例では左室伸展性が有意に低下を示し, その影響で PHT 法では正確な弁口 (輪) 面積が得られず, 連続の式を用いて評価することが推奨された。

近年, 高齢化や透析患者の増加に伴い, 僧帽弁輪石灰化 (mitral annular calcification; MAC) の頻度が増加している^{1,4)}。そのなかには比較的稀ではあるが, 僧帽弁輪狭窄を合併する場合がある。本病態を把握するためにその正確な狭窄度を評価する必要があるが, 通常の断層法では正確な判定が困難な場合が多く, 一般的には連続波ドップラー法による pressure half time (PHT) 法^{5,11)}で推定せざるを得ない場合が多い。しかしながら, PHT 法による推定は, 拡張早期における左室伸展性などにより大きく影響され, 正確な狭窄度を反映しているか否か

について問題が残る。

本研究の目的は, 僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄 (MAC - MS) 例とリウマチ性僧帽弁狭窄 (mitral stenosis; MS) 例を対象として, 拡張早期の左室伸展性について組織ドップラー法 (tissue Doppler imaging; TDI)^{2,13)}を用いて評価し, さらに弁口あるいは弁輪狭窄の程度を心エコー・ドップラー法の各種方法を用いて計測し, 心臓カテテル検査の Gorlin の式^{14,17)}により得られた弁口 (輪) 面積と対比することにより, 正確な弁口 (輪) 面積の評価法を提言することにある。

対象と方法

1. 研究対象と心臓超音波検査の使用機種

僧帽弁輪石灰化例120例中, 僧帽弁口血流の有意な加速を認める僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄10例 (平均73 ± 16歳, 51 ~ 87歳) とリウマチ性 MS12例 (平均68 ± 14歳, 48 ~ 80歳) を対象とした。

僧帽弁輪狭窄例では明らかな高血圧の既往が6例, I ~ II度の AV ブロックが3例, 心房細動が2例, 慢性透析患者が2例, リウマチ性 MS 例では心房細動が3例含まれている。なお, Sellers 分類2度以上の僧帽弁逆流と有意の大動脈弁疾患を有する例は除外した。

使用した超音波装置は東芝社製 SSA-380A (Power Vision7000) (2.5 ~ 5 MHz transducer) である。

2. パルス TDI 法による左室後壁運動速度波形の記録方法 (図1(a), (b))

傍胸骨左室長軸断面から拡張早期の最大速度 (Ew) と II 音大動脈弁成分から Ew までの時間 (IIa-Ew) を求めた。また, 心尖部左室長軸断面からも拡張早期大速度 (Ew) を求め, 拡張早期における左室心筋の拡張特

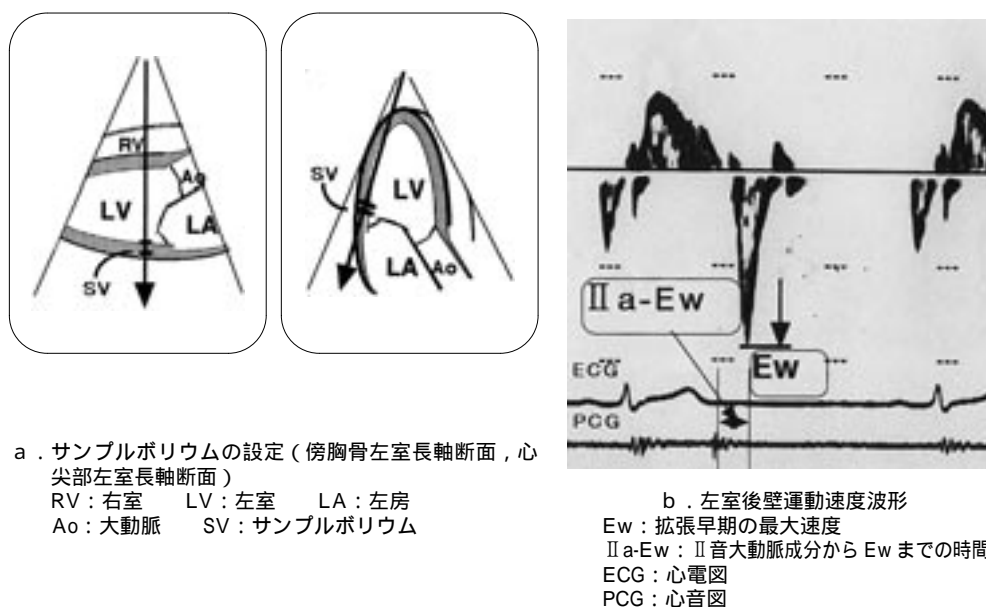


図1 パルス TDI 法による左室後壁運動速度波形の記録
左室後壁にサンプルボリウムを設定して左室後壁運動速度波形を記録し、拡張早期の最大速度 (Ew) と II 音大動脈成分から Ew までの時間を測定した。

性の指標として算出し、僧帽弁輪狭窄例とリウマチ性 MS 例の間で比較した。

3. 僧帽弁口あるいは弁輪面積の評価法 (表 1)

心エコー・ドップラー法では、断層法による trace 法、連続波ドップラー法の僧帽弁口血流速波形による PHT 法^{5 11)} (図 2)、僧帽弁口血流速波形、左室駆出血流速波形および左室流出路断面積から求めた連続の式^{18 21)}による平均僧帽弁口 (輪) 面積をそれぞれ求め、心臓カテーテル検査から Gorlin の式^{14 17)}を用いて僧帽弁口 (輪) 面積を計測した。

表 1 僧帽弁口 (輪) 面積の計測法

1. 断層法
・ trace 法
2. 連続波ドップラー法
・ 僧帽弁口血流速波形による PHT 法
3. 連続の式
・ 僧帽弁口・左室駆出血流速波形および左室流出路断面積から求めた拡張期平均僧帽弁口面積
4. 心臓カテーテル検査
・ Gorlin の式による推定僧帽弁口面積

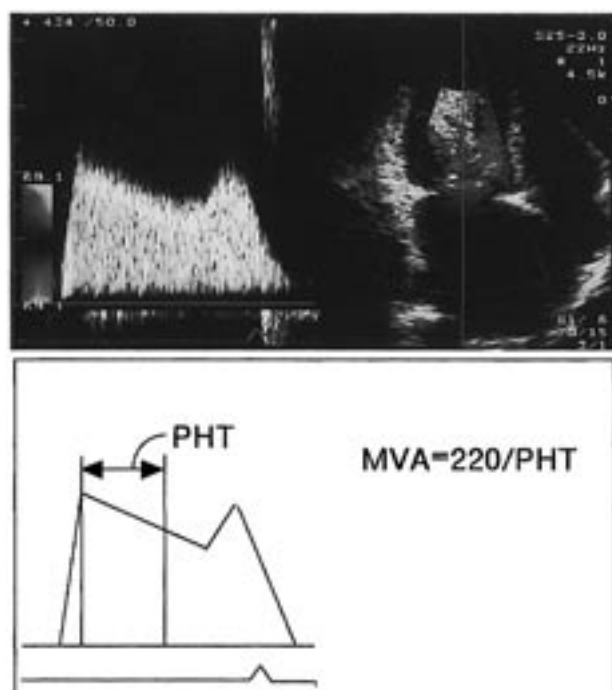


図2 Pressure half time 法
拡張早期の最大左房左室圧較差が 1/2 になる (左室流入速度が 1/2 の値に減衰するまで) 時間を Pressure half time (PHT) と定義し、僧帽弁口面積は 220/PHT として算出される。220 は定数である。

4. 統計学的推計法

統計学的数値は平均±標準偏差で表し、統計学的検定には分散分析法、対応のないt検定を用い、 $p<0.05$ を有意差ありと判定した。

結 果

1. 患者背景 (表2)

僧帽弁輪狭窄群とリウマチ性MS群の間には心拍数とGorlinの式で算出した僧帽弁口面積には差がなく、僧帽弁輪狭窄群の左室拡張末期径はリウマチ性MS群に比べて有意に大 ($p<0.01$)、左房径および僧帽弁口血流のE波の最大速度は有意に小 (各 $p<0.01$) であった。

表2 患者背景

	心拍数 (bpm)	左室径 (cm)	左房径 (cm)	Gorlinの式 MVA (cm^2)	僧帽弁口血流 peak E (cm/sec)
MAC-MS n=10	68±10	4.6±0.3**	3.9±0.4**	2.4±0.6	134±21**
MS n=12	66±8	4.3±0.3	4.4±0.6	2.2±0.7	174±39

(** $p<0.01$ vs MS)

MAC-MS: 僧帽弁輪石灰化による弁輪狭窄
MS: リウマチ性僧帽弁狭窄
MVA: 僧帽弁口面積
peak E: 左室急速流入波 (E波) の最大流速

2. パルスTDI法による拡張早期左室後壁運動の評価 (図3)

僧帽弁輪狭窄群における左室短軸および長軸方向の拡張早期左室後壁運動速度Ewはリウマチ性MS例に比べて有意に小 (各 $p<0.01$)、またIIa-Ew時間は有意に延長 ($p<0.05$) を示した。

3. 僧帽弁口および弁輪面積の計測

①PHT法と連続の式による推定僧帽弁口あるいは弁輪面積の対比

図4に心エコー・ドップラー法を用いたPHT法と連続の式による推定僧帽弁口あるいは弁輪面積の関係を示す。リウマチ性MSでは両者の間に良好な正相関 ($r=0.80$, $p<0.01$) を示したが、僧帽弁輪狭窄例ではその相関が粗 ($r=0.46$) であり、特に比較的軽症例でその傾向が強く、PHT法では連続の式に比べて弁輪面積を過小評価した。

②Gorlinの式と連続の式による推定僧帽弁口あるいは弁輪面積の対比

図5に心臓カテテル検査におけるGorlinの式と心エコー・ドップラー法における連続の式による僧帽弁口あるいは弁輪面積の関係を示す。リウマチ性MSでは $r=0.79$ ($p<0.01$)、また僧帽弁輪狭窄例でも $r=0.74$ ($p<0.01$) と両者の間にそれ

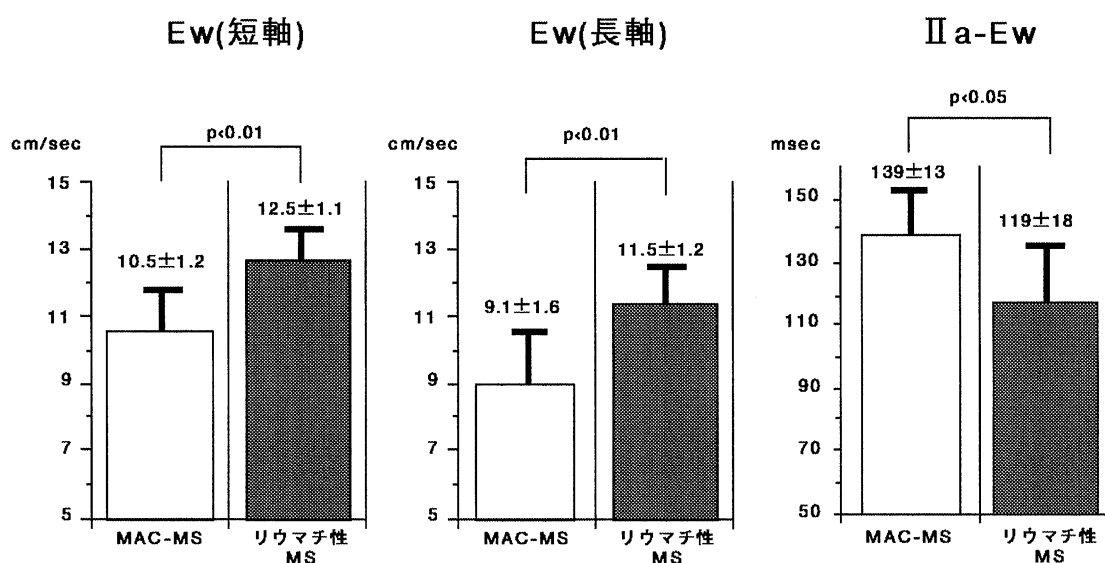


図3 パルスTDI法による拡張早期左室後壁運動速度およびIIa-Ew時間の比較

PHT法

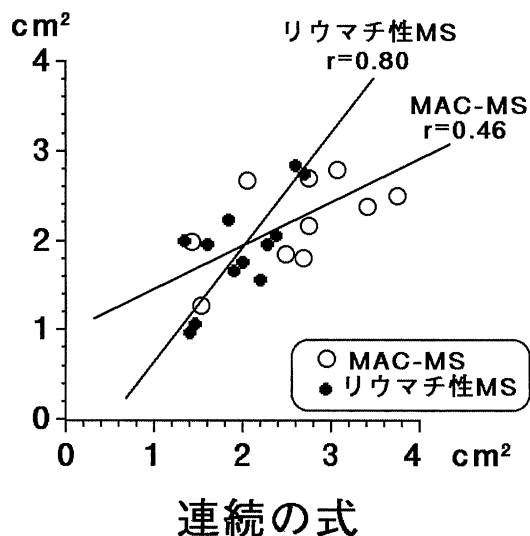


図4 PHT法と連続の式による推定僧帽弁口および弁輪面積の対比

Gorlinの式

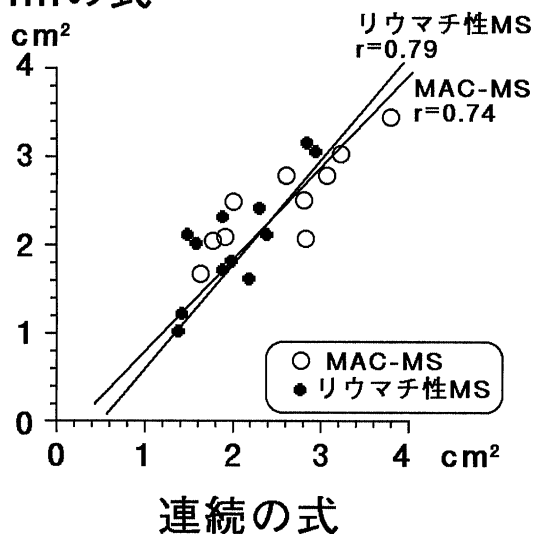
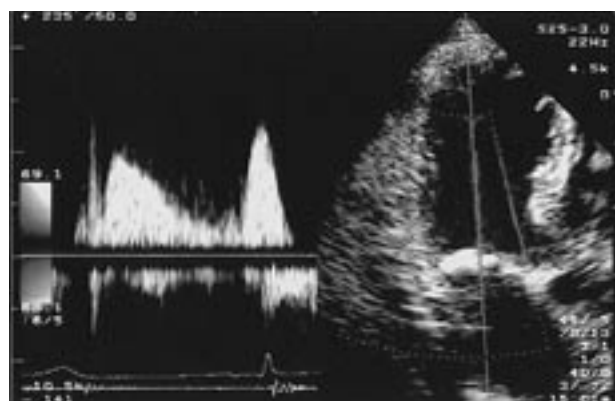


図5 Gorlinの式と連続の式による推定僧帽弁口および弁輪面積の対比

ぞれ比較的良好な正相関がみられた。

③trace法による僧帽弁口および弁輪面積の計測

trace法では、リウマチ性MSで全例、僧帽弁輪狭窄例で10例中1例のみ僧帽弁口（輪）面積の計測が可能であった。



75 y. o. 男性例
PHT法 MVA 1.4 cm²
連続の式 MVA 3.2 cm²
Gorlinの式 MVA 3.0 cm²

図6 症例

4. 症例呈示（図6）

75歳男性の僧帽弁輪石灰化による弁輪狭窄例を示す。僧帽弁輪面積は、PHT法による計測では1.4 cm²と算出されたのに対し、連続の式、Gorlinの式では各3.2 cm²、3.0 cm²と大きな値を示した。

考 案

僧帽弁輪石灰化は加齢とともに頻度が増加し、老年者剖検例の約10%にみられるといわれている¹⁾。また、慢性透析患者では年齢と無関係に認められる症例もある。それらのなかで狭窄をきたすことは比較的稀とされているが、機序として僧帽弁後尖弁輪の石灰化の進展が弁口部に突出し、前後両弁尖の可動性制限および弁口狭窄をきたすことが重要視されている。この病態を把握するためには是非とも正確な弁輪狭窄の程度を非侵襲的に把握する必要がある。

今回の検討においては、心エコー・ドップラー法を用いたPHT法による僧帽弁輪面積の計測値が、僧帽弁輪石灰化による弁輪狭窄例では連続の式やGorlinの式に比べて過小評価を示した。一方、Okita¹²⁾は左室壁運動のEwと心カテテル法から求めたTauが有意の逆相関を認めたと報告しており、本研究で得られた僧帽弁輪狭窄例におけるEwの低下は左室弛緩特性の障害を強く反映しているものと考えられる。これらのことより、僧帽弁輪狭窄例ではPHT法で得られた僧帽弁輪面積が正

確な値を示さない要因としては、僧帽弁輪狭窄例ではリウマチ性 MS に比べて拡張早期における左室心筋の拡張特性に障害がみられるため、拡張早期における左房からの吸引力の低下をきたし、僧帽弁口血流もその影響を強く受けていることが考えられた。

リウマチ性 MS では病変が弁組織に局限されることが多く、持続的な左室前負荷の軽減状態から左室心筋病変が存在しにくい状況にある。それに対して僧帽弁輪石灰化による弁輪狭窄例では、基本的に加齢や腎不全に伴う慢性的な前負荷増大あるいは高血圧などの後負荷増大状況に晒されており、そのような影響下では左室拡張障害が前面に出やすいものと考えられる。PHT 法は簡便な方法ではあるが、心拍数や大動脈弁あるいは僧帽弁閉鎖不全の合併、左室心筋特性などにより強く影響されることが報告されており^{20,22)}、今回の検討も結果的には左室心筋特性の差異による PHT 法の問題点であるとも結論づけられる。

なお、本研究の問題点としては、断層心エコー法における trace 法の方が Gorlin の式よりも正確な弁口面積を反映する場合が多いが^{15,16)}、弁輪石灰化例では trace 法による計測が極めて困難であり、Gorlin の式をスタンダードとせざるを得なかった点、また、連続の式を用いた弁口面積の推定において左室流出路断面の計測があいまいであること、心房細動例も含んでいることなどが挙げられる。

また今回は、実際の弁口（輪）面積について評価したが、左室心筋特性や loading condition などを含めた血行動態上の病態評価については、運動負荷時に PHT 法では狭窄度が増強することなどをふまえ、PHT 法や左房左室間圧較差による評価が有用なこともあり得るものと考えられる。

結 語

僧帽弁輪石灰化に伴う弁輪狭窄では、リウマチ性僧帽弁狭窄に比べて拡張早期における左室心筋の弛緩特性に障害がみられるため、弁輪狭窄の程度を評価する際には PHT 法では正確な弁輪面積が得られにくく、連続の式を用いて評価することが推奨される。

文 献

1) 鈴木順一, 大川真一郎, 杉浦昌也, 坂井誠 他: 僧

帽弁輪石灰化を主因とする僧帽弁膜症の臨床病理学的検討. J. Cardiol., 15: 1109-1118, 1985

- 2) Korn, D., DeSanctis, R., W., Sell, S.: Massive calcification of the mitral annulus: a clinicopathological study of fourteen cases. N. Engl. J. Med., 267: 900-909, 1962
- 3) Sugiura, M., Ohkawa, S., Hirooka, K., Kitano, K., et al.: A clinicopathological study on valvular diseases in 1000 consecutive autopsy of aged. Jpn. Heart J., 22: 1-13, 1981
- 4) 添木 武, 福田信夫, 武市直樹, 篠原尚典 他: 僧帽弁輪石灰化による僧帽弁狭窄を合併した肥大心の3例. J. Med. Ultrasonics 24: 1767-1771, 1997
- 5) Holen, J., Aaslid, R., Landmark, K., Simonsen, S.: Determination of pressure gradient in mitral stenosis with a non-invasive ultrasound Doppler technique. Acta. Med. Scand., 199: 455-460, 1976
- 6) Bryg, R. J., Labovitz, A. J., Nelson, J. G., Kennedy, H. L., Williams, G. A.: Comparison of Doppler echocardiography and two-dimensional echocardiography in mitral stenosis. Clin. Res., 32: 152, 1984
- 7) Hatle, L., Brubakk, A., Tromsdal, A., Angelsen, B.: Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler Ultrasound. Br. Heart J., 40: 131-140, 1978
- 8) Libanoff, A. J., Rodbard, N.: Atrioventricular pressure half-time. Measure of mitral valve orifice area. Circulation 38: 144-150, 1968
- 9) Hatle, L., Angelsen, B., Tromsdal, A.: Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler echocardiography. Circulation 60: 1096-1104, 1979
- 10) 阿部能明, 風間 繁, 今井 寛, 園田和彦 他: 心臓超音波パルスドップラー法による僧帽弁機能の評価. 北里医学, 18: 1-6, 1988
- 11) 松本幸男, 加藤正幸, 溝井加奈子, 玄葉靖子 他: 僧帽弁狭窄症における房室間圧較差及び僧帽弁口面積 連続波ドップラー法及び断層心エコーと心臓カテテル法の対比. 太田綜合病院年報 22: 61-65, 1987
- 12) Oki, T., Tabata, T., Yamada, H., Iuchi, A., et al.: Clinical application of pulsed Doppler tissue imaging for assessing abnormal relaxation of left ventricle. Am. J. Cardiol., 79: 921-928, 1997
- 13) Sutherland, G. R., Steward, M. J., Groundstroem, K. W.,

- et al. : Color Doppler myocardial imaging : A new technique for assessment of myocardial function. J. Am. Soc. Echocardiogr., 7 : 441-458, 1994
- 14) Gorlin, R., Gorlin, S.G. : Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. I. Am. Heart J., 41 : 1-29, 1951
- 15) Cannon, S., Richards, K.L., Crawford, M. : Hydraulic estimation of stenotic orifice area : a correction of the Gorlin formula. Circulation, 71 : 1170-1178, 1985
- 16) 村尾寛 編 : 心臓弁膜症のすべて . 第1版 , 第2刷 , 南江堂 , 東京 , 1980
- 17) 吉雄幸治 : 僧帽弁狭窄症における M モード心エコー図に関する研究 : 特に血行動態との対比 . 日臨生理会誌 13 : 31-46, 1983
- 18) 北畠 顕 , 藤井謙司 , 田内 潤 , 鎌田武信 : 狭窄病変の定量評価 : 連続の式の応用 . CURRENT THERAPY, 7 : 804-811, 1989
- 19) 中谷 敏 , 増山 理 , 朝田信司 , 平山篤志 他 : 連続の式にもとづいた僧帽弁口面積の推定 . 日超医論文集, 49 : 863-864, 1986
- 20) Nakatani, S., Masuyama, T., Kodama, K., Kitabatake, A., et al. : Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area : comparison of the pressure half-time and the continuity equation methods. Circulation, 77 : 78-85, 1988
- 21) Kitabatake, A., Fujii, K., Ito, H., Tanouchi, J., et al. : A new approach to noninvasive estimation of stenotic orifice area in semilunar valve stenosis by Doppler echocardiography. In : Cardiac Doppler Diagnosis. (Spencer, MP, eds.), vol 2, Martinus Nijhoff Publishers, 1986, pp151
- 22) 近藤誠宏 , 藤谷和大 , 御幡千里 , 川嶋成乃亮 他 : 連続波ドップラー法を用いた僧帽弁狭窄症の弁口面積の評価 . 日超医論文集, 54 : 129-130, 1989

Evaluation of mitral stenosis due to mitral annular calcification by Doppler echocardiography

Tatsuhiko Shiraishi, Arata Iuchi, Miyako Niki, Michiyo Okazaki, Masahiko Murata, Hiroshi Inoue, Souichiro Fujiwara, Takahiro Horie, and Hiroshi Yamamoto

Department of Internal Medicine and Clinical Research Laboratory, Tokushima Prefectural Miyoshi Hospital, Tokushima, Japan

SUMMARY

Recently, mitral annular calcification (MAC) is a common finding with increasing of elderly or renal failure patients. Mitral stenosis secondary to MAC is not rarely observed. Pressure half time method by continuous wave Doppler echocardiography is often used to evaluate the severity of the stenotic mitral valve due to MAC. But, the method for calculating correct mitral orifice area is not established. We performed transthoracic Doppler echocardiography and cardiac catheterization in 15 patients with rheumatic mitral stenosis and 10 with mitral stenosis due to MAC, and calculated the severity of the mitral stenosis by pressure half time (PHT), continuity equation methods and Gorlin formula. Pulsed tissue Doppler imaging methods were used for evaluating left ventricular (LV) early diastolic wall motion velocities. Results were as follows. 1) The mitral orifice areas determined by PHT method were lower than those by continuity equation methods or Gorlin formula in patients with mitral stenosis due to MAC, and significant correlation was observed in rheumatic mitral stenosis between the mitral orifice areas obtained by PHT and continuity equation methods, but not in mitral stenosis due to MAC. 2) The peak early diastolic LV myocardial velocities along long and short axes decreased significantly in mitral stenosis due to MAC than those in rheumatic mitral stenosis. In conclusion, as mitral orifice area determined from PHT method is strongly influenced by early diastolic LV dysfunction in mitral stenosis due to MAC, continuity equation method should be recommended.

Key words : mitral annular calcification, mitral stenosis, pressure half time, continuity equation, Gorlin formula, tissue Doppler imaging